

# **Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)**

International application number: PCT/JP05/006548

International filing date: 29 March 2005 (29.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-172852  
Filing date: 10 June 2004 (10.06.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 02 June 2005 (02.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2004年 6月10日

出願番号  
Application Number: 特願2004-172852

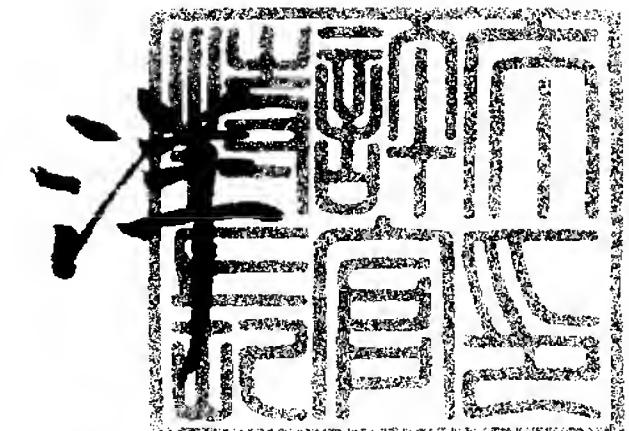
パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号  
The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is  
JP 2004-172852

出願人  
Applicant(s): 京セラ株式会社

2005年 5月20日

特許長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 0000352691  
【提出日】 平成16年 6月10日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 31/04  
【発明者】  
【住所又は居所】 滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6 京セラ株式会社  
【氏名】 藤井 修一  
【発明者】  
【住所又は居所】 滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6 京セラ株式会社  
【氏名】 猪股 洋介  
【発明者】  
【住所又は居所】 滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6 京セラ株式会社  
【氏名】 坂元 智成  
【発明者】  
【住所又は居所】 滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6 京セラ株式会社  
【氏名】 新楽 浩一郎  
【発明者】  
【住所又は居所】 滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6 京セラ株式会社  
【氏名】 府川 祐子  
【特許出願人】  
【識別番号】 000006633  
【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地  
【氏名又は名称】 京セラ株式会社  
【代表者】 西口 泰夫  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 005337  
【納付金額】 16,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

多結晶シリコンの半導体基板の受光面側に表側電極を有する太陽電池素子であって、前記表側電極を受光面側の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_a$  ( $\text{cm}^2$ )、前記太陽電池素子の受光面のうち、前記表側電極が設けられた領域の表面積を  $S_b$  ( $\text{cm}^2$ ) としたときに、

$$1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10$$

の関係を満たす太陽電池素子。

【請求項 2】

前記表側電極は、略直線状のバスバー電極と、このバスバー電極に少なくとも一端部が接続された複数のフィンガー電極と、を含む請求項 1 に記載の太陽電池素子。

【請求項 3】

所定間隔で配列されるとともに互いに電気的に接続された、複数枚の板状の太陽電池素子を有する太陽電池モジュールであって、

前記複数枚の太陽電池素子は、請求項 1 又は請求項 2 に記載の太陽電池素子を含む太陽電池モジュール。

【書類名】明細書

【発明の名称】太陽電池素子及びこれを用いた太陽電池モジュール

【技術分野】

【0001】

本発明は、受光面側に表側電極を有する太陽電池素子とこれを用いた太陽電池モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

太陽電池は入射した光エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。太陽電池のうち主要なものは使用材料の種類によって結晶系、アモルファス系、化合物系等に分類される。このうち、現在市場で流通しているのはほとんどが結晶系シリコン太陽電池である。この結晶系シリコン太陽電池はさらに単結晶型、多結晶型に分類される。単結晶型のシリコン太陽電池は基板の品質がよいために高効率化が容易であるという長所を有する反面、基板の製造が高コストになるという短所を有する。これに対して多結晶型のシリコン太陽電池は基板の品質が劣るために高効率化が難しいという短所はあるものの、低成本で製造できるという長所がある。また、最近では多結晶シリコン基板の品質の向上やセル化技術の進歩により、研究レベルでは18%程度の変換効率が達成されている。

【0003】

一方、量産レベルの多結晶シリコン太陽電池は低成本であったため、従来から市場に流通し、現在、太陽電池の主流製品となっている。

【0004】

特許文献1に記載されているバルク型シリコン太陽電池110の一般的な構成を図4に示す。図4(a)は、断面構造を示す図である。図に示すように、p型シリコンの半導体基板からなるp型バルク領域105の光入射面側にP(リン)原子などが高濃度に拡散され、p型バルク領域との間にpn接合を形成した逆導電型領域104が形成され、さらに窒化シリコン膜や酸化シリコン膜などからなる反射防止膜106が設けられている。また、光入射面の反対側には、アルミニウムなどのp型半導体不純物を多量に含んだp+領域であるp+型領域107が設けられている。

【0005】

光入射面から光が入射すると、逆導電型領域104とp型バルク領域105とp+型領域107とからなる半導体領域103で光生成キャリアが発生するが、これらを電流として集めて出力端子にまで導くために、光入射面側には銀などの金属材料を主成分とする表側電極(バスバー電極101、フィンガー電極102(後述))が設けられ、反対側にはアルミニウムからなる裏面集電極108、銀を主成分とする裏面出力電極109が設けられている。

【0006】

図4(b)は光入射面(表面)側から表側電極を見た図である。同図において101はバスバー電極、102はフィンガー電極を示す。このように、表側電極は、一般的には線幅の狭いフィンガー電極102(枝電極)とそれらフィンガー電極102の少なくとも一端が接続される線幅が太いバスバー電極101(幹電極)とからなっている。

【0007】

この表側電極での電力ロスをできるだけ低減するために、表側電極には、通常、金属材料が使われ、とりわけ抵抗率の低い銀を主成分とすることが一般的であり、例えば、スクリーンプリント法などにより銀ペーストなどを塗布した後、焼成して形成される。

【0008】

近年環境問題が取りざたされる中で、太陽電池に対してより高い変換効率が求められるようになっている。そこで、光入射面に配置される表側電極(バスバー電極101、フィンガー電極102)に対して様々な工夫がなされている。例えば、細線化させて光学ロス(反射ロス)を減少させたり、フィンガー電極102に集められた電子をできる限り損失なくバスバー電極101に運ぶためにそれぞれの電極同士を直交させて設けたりすること

が一般的に行われてきた。

【特許文献1】特開平8-274356号公報

【特許文献2】特開平11-312665号公報

### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

##### 【0009】

太陽電池素子の変換効率には、次式のような関係がある。

##### 【0010】

変換効率  $\eta \propto$  短絡電流密度  $J_{sc} \times$  開放電圧  $V_{oc} \times$  曲線因子  $F_F$

したがって、変換効率  $\eta$  を増大させて高効率化するためには、上式のファクターのうち、開放電圧  $V_{oc}$ 、短絡電流密度  $J_{sc}$ 、曲線因子  $F_F$  のいずれかが大きくなるようにすれば良い。

##### 【0011】

上述した表側電極を細線化させて光学的なロスを減少させる方法によれば、実質的に太陽電池素子に入射する光エネルギーを増大させ、短絡電流密度  $J_{sc}$  を向上させることが可能となる。しかしながら、一方で線幅の減少に伴って電極抵抗が上昇するという問題がある。この電極抵抗は、太陽電池素子の直列抵抗成分となり、特に曲線因子  $F_F$  を悪化させてしまい、変換効率を向上させることができなくなる。このように変換効率に関与したこれらのファクターの全てを一律に増大させることは難しいのが実情であった。

##### 【0012】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、表側電極による光学的なロスを減少させるとともに、短絡電流密度と曲線因子とを適正なバランスを保って向上させ、良好な変換効率を得ることができる太陽電池素子を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

##### 【0013】

上記目的を達成するために、発明者は、表側電極の直列抵抗成分による電気的なロスを低減することについて様々な角度から検討を行った。そしてこの表側電極の直列抵抗成分としては、表側電極自体の抵抗と、表側電極と半導体領域との間の接触抵抗とが関与しており、特に、後者の表側電極と半導体領域との間の接触抵抗が問題となることを知見した。そして、この知見に鑑み鋭意研究を行った結果、表側電極と半導体領域との間の接触抵抗を改善することができる本発明の構成に到達したのである。

##### 【0014】

すなわち、本発明の請求項1に係る太陽電池素子は、多結晶シリコンの半導体基板の受光面側に表側電極を有する太陽電池素子であって、前記表側電極を受光面側の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_a$  ( $cm^2$ )、前記太陽電池素子の受光面のうち、前記表側電極が設けられた領域の表面積を  $S_b$  ( $cm^2$ )としたときに、

$$1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10 \dots (1)$$

の関係を満たす。

##### 【0015】

(1)式は、表側電極の面積に対して、この表側電極が設けられた領域における太陽電池素子の受光面の表面積の比率が1.10より大きく2.10よりも小さくなる範囲とすることを示すものであり、これによって、表側電極と太陽電池素子との実質的な接触面積が増大し、直列抵抗成分による電気的なロスによる悪影響を軽減することができるから、曲線因子  $F_F$  を悪化させることない。

##### 【0016】

この結果として、本発明の太陽電池素子は、表側電極による光学的なロスを減少させるとともに、短絡電流密度と曲線因子とを適正なバランスを保って向上させるので、良好な変換効率を得ることができる。

##### 【0017】

なお、表側電極の面積  $S_a$  については、太陽電池素子を受光面側の鉛直方向から撮影し

て、表面画像をデジタル化した後、周知の画像処理方法によって、例えば、表側電極とそれ以外の部分とが分離されるような閾値によって二値化することによって、表側電極の箇所とそれ以外の箇所とを分離することができ、面積を求めることができる。

#### 【0018】

さらに、表側電極が設けられた領域における太陽電池素子の受光面の表面積  $S_b$  については、表側電極の材料種類に応じて選択した所定の酸（例えば、電極が銀を主成分とする場合には王水）によって、この表側電極を除去し、この電極が設けられていた部位について表面積の測定を行えばよい。表面積の測定は、接触式、非接触式のいずれの方法をも用いることができるが、正確性の点からAFM（原子間力顕微鏡）を用いることが望ましい。なお、AFMを用いる場合、観測可能な領域の大きさに限界があるので、表側電極が設けられていた所定箇所の中から、複数箇所を測定し、統計的に処理することによって、本発明の範囲内かどうかを定めることができる。

#### 【0019】

そして、前記表側電極は、略直線状のバスバー電極と、このバスバー電極に少なくとも一端部が接続された複数のフィンガー電極と、を含むようにした。

#### 【0020】

本発明の太陽電池モジュールは、所定間隔で配列されるとともに互いに電気的に接続された、複数枚の板状の太陽電池素子を有する太陽電池モジュールであって、前記複数枚の太陽電池素子は、本発明の太陽電池素子を含むようにした。

#### 【発明の効果】

#### 【0021】

上述のように、本発明の太陽電池素子は、多結晶シリコンの半導体基板の受光面側に表側電極を有する太陽電池素子であって、前記表側電極を受光面側の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_a$  ( $\text{cm}^2$ )、前記太陽電池素子の受光面のうち、前記表側電極が設けられた領域の表面積を  $S_b$  ( $\text{cm}^2$ ) としたときに、

$$1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10 \dots \quad (1)$$

の関係を満たすようにしたので、表側電極による光学的なロスを減少させるとともに、短絡電流密度と曲線因子とを適正なバランスを保って向上させてるので、本発明の太陽電池素子は良好な変換効率を得ることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0022】

以下、本発明に係る太陽電池素子の実施の形態について、図面に基づき詳細に説明する。

#### 【0023】

最初に本発明に係る太陽電池素子の構造について簡単に説明する。図2(a)は本発明に係る太陽電池素子の断面構造を示す図、図2(b)は本発明に係る太陽電池素子の受光面側(表面側)の電極形状の一例を示す図、図2(c)は非受光面側(裏面側)の電極形状の一例を示す図である。

#### 【0024】

図2(a)に示すように、p型シリコン多結晶の半導体基板からなるp型バルク領域5の光入射面側にP(リン)原子などが高濃度に拡散され、p型バルク領域との間にpn接合を形成した逆導電型領域4が形成され、さらに窒化シリコン膜や酸化シリコン膜などからなる反射防止膜6が設けられている。また、光入射面の反対側には、アルミニウムなどのp型半導体不純物を多量に含んだp+領域であるp+型領域7が設けられて、本発明に係る太陽電池素子10が構成されている。そして、図2(b)、図2(c)に示すように太陽電池素子10の光入射面側には銀などの金属材料を主成分とする表側電極(バスバー電極1、フィンガー電極2)が設けられ、反対側にはアルミニウムからなる裏面集電極8、銀を主成分とする裏面出力電極9が設けられている。

#### 【0025】

太陽電池素子10の光入射面側である反射防止膜6の側から入射から光が入射すると、

逆導電型領域4とp型バルク領域5とp+型領域7とからなる半導体領域3で吸収・光電変換されて電子一正孔対(電子キャリアおよび正孔キャリア)が生成される。この光励起起源の電子キャリアおよび正孔キャリア(光生成キャリア)によって、太陽電池素子10の表側に設けられた略線状の表側電極と、裏側に設けられた裏側電極との間に光起電力を生じ、発生した光生成キャリアはこれらの電極で集められて、出力端子にまで導かれる。

### 【0026】

図2(b)は光入射面(表面)側から見た表側電極の一例を示す図である。同図において1はバスバー電極、2はフィンガー電極、6は反射防止膜を示す。表側電極は、一般的には線幅の狭いフィンガー電極2(枝電極)とそれらフィンガー電極2の少なくとも一端が接続される線幅が太く略直線状のバスバー電極1(幹電極)とからなっている。この表側電極での電力ロスをできるだけ低減するために、表側電極には、通常、金属材料が使われ、とりわけ抵抗率の低い銀を主成分とすることが一般的であり、例えば、スクリーンプリント法などにより銀ペーストなどを塗布した後、焼成して形成される。

### 【0027】

裏側電極は、図2(b)に示されるように、裏面集電極8と裏面出力電極9とからなる。裏面集電極8としては、半導体基板であるシリコンに対して、p型の半導体不純物元素として作用するアルミニウムを用いて形成することが望ましい。その理由として、シリコン基板の裏面側表層部にp+型領域7を形成し、このp+型領域7はBSF(Back Surface Field)領域とも呼ばれ、光生成電子キャリアが裏面集電極8に到達して再結合損失する割合を低減する役割を果たし、短絡電流値J<sub>SC</sub>が向上するからである。そしてまたこのp+型領域7では少数キャリア(電子)密度が低減されるので、このp+型領域7および裏面集電極8に接する領域でのダイオード電流量(暗電流量)を低減する働きをし、開放電圧V<sub>OC</sub>が向上するという効果も有する。裏面出力電極9としては、通常、表側電極と同じ抵抗率の低い銀を主成分とする金属材料が使われるが多く、例えば、スクリーンプリント法などにより銀ペーストなどを塗布した後、焼成して形成される。

### 【0028】

次に、本発明の太陽電池素子に係る表側電極の構成について、図1を用いて説明する。

### 【0029】

図1(a)は、図2(b)に示す表側電極のA部の部分拡大図であり、図1(b)は、図1(a)に示す表側電極をB-B方向の断面で切った部分拡大図である。

### 【0030】

図1(a)に示すように、表側電極であるバスバー電極1とフィンガー電極2とを受光面側の鉛直方向から平面視したときの面積をS<sub>a</sub>で表す。なお、図1(a)は、図2(b)のA部の部分拡大図であり、図1(a)に現れていない図2(b)の他の箇所についても全く同様である。また、図1(a)において、太陽電池素子の受光面のうち表側電極で覆われて見えない箇所、すなわち表側電極(バスバー電極1、フィンガー電極2)が設けられた領域の直下の部分の表面積がS<sub>b</sub>である。このとき次の(1)式で表される関係が成立立つような構成となっている。

### 【0031】

$$1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10 \dots (1)$$

(1)式について説明する。上述したように、分母のS<sub>a</sub>は、表側電極の面積に該当し、分子のS<sub>b</sub>は、この表側電極が設けられた領域における太陽電池素子の受光面の表面積であるから、(1)式のS<sub>b</sub>/S<sub>a</sub>は、表側電極が太陽電池素子の受光面との接触する比率の目安となる。理解を助けるために、図1(b)に断面方向から見ることによって一つ次元を落として示す。S<sub>a</sub>は平面視した表側電極の面積であるから、図1(b)において、両矢印C1で表されるように一次元の直線状となり、S<sub>b</sub>は、領域C2で囲われた二次元の凹凸形状として表される。実際は、これが図1(b)の奥行き方向にも広がっているので、S<sub>a</sub>は二次元の(仮想的な)平面、S<sub>b</sub>は三次元の凹凸を有する面となる。

### 【0032】

ここで、この式の比率が1.10より大きく2.10よりも小さくなる範囲となるよう

に、太陽電池素子の受光面の表面積を定めることによって、表側電極と太陽電池素子との実質的な接触面積を増大させることができる。なお、Sb/Saが1.10以下のときは、FFの向上のために接触面積を増加させれば受光面積が減少し短絡電流の低下を招き、短絡電流の向上のために電極面積を減少させればFFが低下するという太陽電池素子の変換効率向上の妨げになる問題があり、2.10以上のときはスクリーンプリント法でシリコン基板表面に電極材料を充填させることが困難になるという問題がある。

#### 【0033】

このように、本発明の太陽電池素子に係る表側電極の構成によれば、表側電極と太陽電池素子との実質的な接触面積が増大し適正値となるので、直列抵抗成分による電気的なロスによる悪影響を軽減することができる。その結果、曲線因子FFを悪化させることができない。

#### 【0034】

この結果、本発明の太陽電池素子は、表側電極による光学的なロスを減少させるとともに、短絡電流密度と曲線因子とを適正なバランスを保って向上させるので、良好な変換効率を得ることができる。

#### 【0035】

なお、(1)式におけるSb/Saの値を減少させるためには、電極下の半導体基板表面をフラットに近づけたり、電極と半導体基板の間に絶縁膜を介在させたりすれば良く、逆に増加させるためには、電極下の半導体基板表面を粗面状にしたり、窪みを形成したりすれば良い。特に本発明の適正な範囲とするためには、電極下の半導体基板表面を粗面状にすることが望ましい。また電極をスクリーンプリントによって形成する場合、凹凸の高さが $2\mu m$ 以下の細かい凹凸を均一に形成することが望ましい。このようにすることによって、スクリーンプリントでも電極材料を半導体基板の形状に沿って充填することが可能となり、直列抵抗をより有效地に低減させることができるとなる。

#### 【0036】

また、本発明の太陽電池素子において、表側電極に含まれるバスバー電極1として、図では一つの太陽電池素子において2本備えた例によって説明しているが、3本以上としても良い。特に、受光面の光のエネルギーロスを防止するため、フィンガー電極2の線の幅を細くした場合、バスバー電極1が2本の場合は、フィンガー電極2における直列抵抗成分によって曲線因子FFが悪化する傾向があるが、バスバー電極1を3本とすれば、フィンガー電極2の長さを短くすることができ、フィンガー電極2の直列抵抗成分による曲線因子FFの悪化を抑制できる。上述の本発明に係る表側電極を平面視したときの面積Saとしては、太陽電池素子の受光面の面積に対して、4%乃至7%の範囲としたときに、最適に光のエネルギーロスを抑え、電極の抵抗成分を受けにくくなるので好ましい。

#### 【0037】

また、本発明の太陽電池素子において、JIS C 8913(1998)で規定される短絡電流 $I_{sc}$ を基板面積で割った短絡電流密度 $J_{sc}$ が $35.5\text{mA/cm}^2$ 以上であるとともに、JIS C 8913(1998)で規定されるFFが0.75以上であることが望ましい。このように高い短絡電流密度およびFFを有する太陽電池素子には、電極の設計にあたり、なお一層のシビアなコントロールが必要になる。よって本発明に係る太陽電池素子の効果を充分に発揮することができるのである。

#### 【0038】

また短絡電流 $I_{sc}$ は $8000\text{mA}$ 以上となるようになることが望ましい。この短絡電流 $I_{sc}$ の値は、太陽電池素子の大きさによって調節することができ、本発明の太陽電池素子で短絡電流密度 $J_{sc}$ が $35.5\text{mA/cm}^2$ の場合には、受光面面積が $15\text{cm} \times 15\text{cm}$ の矩形のサイズ以上であることが必要となる。短絡電流 $I_{sc}$ がこの範囲となるように太陽電池素子のサイズを設計することによって、製造コストの削減をできるという優れた効果がある。

#### 【0039】

次に、図3(a)に、本発明の太陽電池素子を含むように構成した本発明の太陽電池モ

ジューるの一例を示す。同図に示すように、光入射面を太陽電池モジュール 17 の受光面側に向けて所定間隔で配列された複数枚の板状の太陽電池素子 10 は、金属を代表とする導電性の材質であるタブ 11 によって互いに電気的に接続され、太陽電池素子群を構成している。

#### 【0040】

なお、これらの太陽電池素子群の中に、本発明の太陽電池素子 10 が少なくとも 1 つ含まれていれば効果を奏するが、発明の効果を良好に奏するためには、太陽電池素子群を構成する太陽電池素子全てが本発明の太陽電池素子 10 であることがより望ましい。

#### 【0041】

上述の太陽電池素子群は、透光性パネル 12 と裏面保護材 14 の間にエチレンビニルアセテート共重合体 (EVA)などを主成分とする充填材 13 で気密に封入されて、太陽電池モジュール 17 を構成している。太陽電池モジュール 17 の出力は、出力配線 15 を経て端子ボックス 16 に接続されている。そしてこの端子ボックス 16 からさらに外部の負荷 (不図示) に接続されている。

#### 【0042】

図 3 (b) に、図 3 (a) の太陽電池モジュールの内部構造の部分拡大図を示す。同図に示すように、太陽電池素子 10 の出力取出電極であるバスバー電極 1 と、隣接する太陽電池素子 10 の裏側の裏面出力電極 9 とは、タブ 11 によって電気的に接続されている。

#### 【0043】

タブ 11 は、裏側の裏面出力電極 9 とバスバー電極 1 の全長もしくは複数箇所をホットエアーなどの熱溶着により接続して、太陽電池素子 10 同士を接続配線するものである。タブ 11 を構成する材質としては、例えば、その表面全体に 20 ~ 70  $\mu\text{m}$  程度の半田を被覆した厚さ 100 ~ 500  $\mu\text{m}$  程度の銅箔を所定の幅および長さに加工したものを使い用いることができる。なお、銅箔の表面に対する半田被覆は必須ではなく、設ける場合、銅箔の両面ないし片面のいずれでも構わない。

#### 【0044】

次いで、図 2 (a) に示した本発明に係る太陽電池素子を形成するプロセスを説明する。

#### 【0045】

まず p 型シリコン基板を用意する。図 2 (a) 中、少なくとも p 型バルク領域 5 は基板に含まれる。このとき p 型の半導体不純物元素としては B (ボロン) を用いることが望ましく、濃度は  $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  程度とし、このとき基板の比抵抗値は 0.2 ~ 2  $\Omega \cdot \text{cm}$  程度となる。

#### 【0046】

基板厚は 500  $\mu\text{m}$  以下にし、より好ましくは 350  $\mu\text{m}$  以下にする。基板としては、キャスト法で鋳造された多結晶シリコンインゴットをスライスして基板にした多結晶シリコン基板や単結晶シリコン基板などを用いる。なおドーピングはドーピング元素単体を適量シリコンインゴット製造時に含ませてもよいし、既にドープ濃度の分かっている B 含有シリコン塊を適量含ませてもよい。その後、基板のスライスとともに基板表層部の機械的ダメージ層を除去するために、この基板の表面側および裏面側の表層部を NaOH や KOH あるいは、フッ酸やフッ硝酸などでそれぞれ 10 ~ 20  $\mu\text{m}$  程度エッチングし、その後、純水などで洗浄する。

#### 【0047】

次に光入射面となる基板表面側に光反射率低減機能を有する凹凸構造を形成する (不図示)。この凹凸構造の形成にあたっては、上述の基板表層部を除去する際に用いる NaOH などのアルカリ液による異方性ウェットエッチング法を適用することができるが、シリコン基板がキャスト法などによる多結晶シリコン基板である場合は、基板面内での結晶面方位が結晶粒ごとにランダムにはらつくので、基板全域にわたって光反射率を効果的に低減せしめる良好な凹凸構造を一様に形成することは非常に困難である。したがって、シリコン基板が多結晶シリコン基板の場合は、RIE (Reactive Ion Etching) 法などによる

ガスエッティングを行えば容易に良好な凹凸構造を基板全域にわたって形成することができるので望ましい（例えば、特許文献2を参照）。

#### 【0048】

この凹凸構造は、上述の(1)式に密接に関係する。 $S_b/S_a$ の値を小さくするためには、凹凸の深さを小さくし、凹凸の横方向の大きさを大きくする方向、すなわち凹凸のアスペクト比（縦／横）を小さくすれば良い。また、 $S_b/S_a$ の値を大きくするためには、凹凸の深さを大きくし、凹凸の横方向の大きさを小さくする方向、すなわち凹凸のアスペクト比（縦／横）を大きくすれば良い。凹凸のアスペクト比を大きくするにはエッティング中の反応圧力を下げればよく、小さくするためには反応圧力を上げればよい。

#### 【0049】

なお、ウェットエッティング法の場合、上述したように基板面内での結晶面方位が結晶粒ごとにランダムにはらつくため、凹凸構造を一様に形成することが難しく、RIE法などのガスエッティング法に比べて $S_b/S_a$ を再現性良く自在に調整することが難しいという問題がある。

#### 【0050】

次にn型の逆導電型領域4を形成する。n型化ドーピング元素としてはP（リン）を用いることが望ましく、ドーピング濃度は $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 程度とし、シート抵抗が $30 \sim 300 \Omega/\square$ 程度のn<sup>+</sup>型とする。これによって上述のp型バルク領域5との間にpn接合が形成される。なお、シート抵抗の好ましい領域は $60 \sim 300 \Omega/\square$ であり、この範囲よりも小さいときは、短絡電流を向上させることができないという問題があり、この範囲を超えると拡散層が浅くなりすぎるため、受光面電極形成時に拡散層が破壊されたり、逆に充分な密着強度を得ることができないという問題がある。

#### 【0051】

製法としてはPOCl<sub>3</sub>（オキシ塩化リン）を拡散源とした熱拡散法を用いて温度700～1000°C程度で、p型シリコン基板の表層部にドーピング元素を拡散させることによって形成する。このとき拡散層厚は $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 程度とするが、これは拡散温度と拡散時間を調節することで、所望の厚さとすることができます。

#### 【0052】

通常の拡散法では、目的とする面とは反対側の面にも拡散領域が形成されるが、その部分は後からエッティングして除去すればよい。このとき、この基板の表面側以外の逆導電型領域4の除去は、シリコン基板の表面側にレジスト膜を塗布し、フッ酸と硝酸の混合液を用いてエッティング除去した後、レジスト膜を除去することにより行う。また、後述するように、裏面のp<sup>+</sup>型領域7（BSF領域）をアルミニウムペーストによって形成する場合は、p型ドープ剤であるアルミニウムを充分な濃度で充分な深さまで拡散させることができるので、既に拡散してあった浅い領域のn型拡散層の影響は無視できるようにすることができる、この裏面側に形成されたn型拡散層を特に除去する必要はない。

#### 【0053】

なお、逆導電型領域4の形成方法は熱拡散法に限定されるものではなく、例えば薄膜技術および条件を用いて水素化アモルファスシリコン膜や微結晶シリコン層を含む結晶質シリコン膜などを基板温度400°C程度以下で形成してもよい。ただし薄膜技術を用いて形成する場合は、以下に述べる各プロセスの温度を考慮して後段プロセス程低いプロセス温度となるようにその形成順序を決めることが必要である。

#### 【0054】

ここで水素化アモルファスシリコン膜を用いて逆導電型領域4を形成する場合はその厚さは50nm以下、好ましくは20nm以下とし、結晶質シリコン膜を用いて形成する場合はその厚さは500nm以下、好ましくは200nm以下とする。

#### 【0055】

なお、逆導電型領域4を上記薄膜技術で形成するときは、p型バルク領域5と逆導電型領域4との間にi型シリコン領域（不図示）を厚さ20nm以下で形成すると特性向上に有効である。

## 【0056】

次に反射防止膜6を形成する。反射防止膜6の材料としては、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜、 $\text{TiO}_2$ 膜、 $\text{SiO}_2$ 膜、 $\text{MgO}$ 膜、ITO膜、 $\text{SnO}_2$ 膜、 $\text{ZnO}$ 膜などを用いることができる。厚さは材料によって適宜選択され入射光に対する無反射条件を実現する（材料の屈折率をnとし、無反射にしたいスペクトル領域の波長をλとすれば、 $(\lambda/n)/4 = d$ が反射防止膜の最適膜厚となる）。例えば、一般的に用いられる $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜（n=約2）の場合は、無反射目的波長を600nmとすれば、膜厚を75nm程度とすればよい。

## 【0057】

製法としては、PECVD法、蒸着法、スパッタ法などを用い、温度400～500°C程度で形成する。なお反射防止膜6は後述する表側電極1、2を形成するために所定のパターンでバターニングしておく。バターニング法としてはレジストなどマスクに用いたエッチング法（ウェットあるいはドライ）や、反射防止膜6形成時にマスクをあらかじめ形成しておき、反射防止膜6形成後にこれを除去する方法を用いることができる。また別の方法として、反射防止膜6の上に直接電極材料を塗布し焼き付けることによって表側電極1、2と逆導電型領域4を接触させるいわゆるファイヤースルー法も一般的であり、この場合は前記バターニングの必要はない。この $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜には、形成の際には表面バッシベーション効果、その後の熱処理の際にはバルクバッシベーション効果があり、反射防止の機能と併せて、太陽電池素子の電気特性を向上させる効果がある。

## 【0058】

次に、基板の表面に銀ペーストを、裏面にはアルミニウムペーストおよび銀ペーストを塗布して焼成することにより（以後、印刷焼成法と呼ぶ）、表側電極および裏側電極を形成する。

## 【0059】

まず、裏面集電極8として、アルミニウム粉末と有機ビヒクリとガラスフリットをアルミニウム100重量部に対してそれぞれ10～30重量部、0.1～5重量部を添加してペースト状にしたアルミニウムペーストを、例えばスクリーンプリント法で印刷し、乾燥後に同時に600～850°Cで1～30分程度焼成することにより焼き付けられる。このときにシリコン基板中にアルミニウムが拡散して、裏面で発生したキャリアが再結合することを防ぐ $p^+$ 型領域7（BSF領域）が同時に形成される。このとき $p^+$ 型領域のアルミニウムドープ濃度は、 $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 程度とする。なお、 $p$ 型の半導体不純物元素としてはB（ボロン）を用いることもできる。

## 【0060】

なお、印刷焼成法を用いてこの $p^+$ 型領域7を形成する場合は、既に述べたように基板表面側の逆導電型領域4形成時に同時に基板裏面側にも形成されているn型の領域を除去する必要もなくすことができる。

## 【0061】

また、このペースト中の金属成分のうち $p^+$ 型領域7の形成に使われずこの $p^+$ 型領域7の上に残存したものはそのまま裏側電極の一部として使うこともでき、この場合は残存成分を塩酸などで特に除去する必要はない。なお、本明細書では、この $p^+$ 型領域7の上に残存したアルミニウムを主成分とする裏面集電極8が存在するものとして扱うが、除去した場合は代替電極材料を形成すればよい。この代替電極材料としては、後述する裏面集電極8となる銀ペーストを使うことが、裏面に到達した長波長光の反射率を高めるために望ましい。

## 【0062】

なお、この $p^+$ 型領域7（裏面側）は、印刷焼成法に代えて、ガス拡散法で形成することも可能である。この場合は、 $\text{BBr}_3$ を拡散源として温度800～1100°C程度で形成する。このとき、既に形成してある逆導電型領域4（表面側）には酸化膜などの拡散バリアをあらかじめ形成しておく。また、このプロセスによって反射防止膜6にダメージが生じる場合は、このプロセスを反射防止膜形成プロセスの前に行うことができる。またドーピング元素濃度は $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 程度とする。これによって $p$ 型

バルク領域5とこのp<sup>+</sup>型領域7との間にLow-High接合を形成することができる。

### 【0063】

なおまた、p<sup>+</sup>型領域7の形成方法は、印刷焼成法やガス拡散法に限定されるものではなく、例えは薄膜技術を用いて水素化アモルファスシリコン膜や微結晶シリコン相を含む結晶質シリコン膜などを基板温度400°C程度以下で形成してもよい。このとき膜厚は10~200nm程度とする。このとき、p<sup>+</sup>型領域7とp型バルク領域5との間にi型シリコン領域(不図示)を厚さ20nm以下で形成すると特性向上に有効である。ただし薄膜技術を用いて形成する場合は、以下に述べる各プロセスの温度を考慮して後段プロセス程低いプロセス温度となるようにその形成順序を決めることが必要である。

### 【0064】

次に本発明の表側電極1、2および裏面出力電極9を形成する。これらは、銀粉末と有機ビヒカルとガラスフリットを銀100重量部に対してそれぞれ10~30重量部、0.1~5重量部を添加してペースト状にした銀ペーストを、例えはスクリーンプリント法で印刷、乾燥後に同時に600~800°Cで1~30分程度焼成することにより印刷面に焼き付けられる。

### 【0065】

これらの電極材料としては、銀、Cu、アルミニウムといった低抵抗金属を少なくとも1種含む材料を用いることが望ましいが、抵抗率の関係から銀が最も好ましい。製法としてはこれら金属を含んだペーストを用いた印刷焼成法以外にも、スパッタ法、蒸着法などの真空製膜法を用いることができる。特にペーストを用いた印刷焼成法では、いわゆるファイヤースルー法によって、反射防止膜6をパターニングすることなしに、表側電極1、2となる金属含ペーストを反射防止膜6上に直接印刷し焼成処理をすることによって表側電極1、2と逆導電型領域4との間に電気的接触をとることができ、製造コスト低減に非常に有効である。なお、表側電極1、2の形成は、裏面側のp<sup>+</sup>型領域7の形成に先立って行われてもよい。

### 【0066】

さらに電極と半導体領域との接着強度を特に高めるため、ペーストを用いた印刷焼成法ではTiO<sub>2</sub>などの酸化物成分をペースト中にわずかに含ませ、また真空製膜法では電極と半導体領域との界面にTiを主成分とした金属層を挿入するとよい。なお、裏側電極の場合は、Ti主成分金属層の厚さは5nm以下として金属層が挿入されることによる反射率低減を抑制することが望ましい。裏面集電極8は基板裏面全面に形成することが裏面に到達した長波長光の反射率を高めるために望ましい。

### 【0067】

なお、裏面集電極8と裏面出力電極9とは重なり合って厚くなると割れが生じやすいので、出力取出用の裏面出力電極9を形成した後、裏面集電極8は、裏面出力電極9ができるだけ覆わないように導通が取れる程度の状態で形成するのが望ましい。なお、この裏面出力電極9と裏面集電極8を形成する順番はこの逆でもよい。また、裏側電極においては上記構造をとらず、表側電極と同様の銀を主成分とするバスバー部とフィンガー部で構成された構造としてもよい。

### 【0068】

最後に、必要に応じて半田ディップ処理によって表側電極および裏側電極上に半田領域を形成する(不図示)。なお、半田材料を用いない半田レス電極とする場合は半田ディップ処理を省略する。

### 【0069】

以上によって本発明の太陽電池素子が実現される。

### 【0070】

次に本発明に係る太陽電池モジュールを形成するプロセスについて、図3を用いて説明する。

### 【0071】

透光性パネル12としては、ガラスやポリカーボネート樹脂などが用いられる。ガラスとしては白板ガラス、強化ガラス、倍強化ガラス、熱線反射ガラスなどが用いられるが、一般的には厚さ3mm～5mm程度の白板強化ガラスが多く使用される。ポリカーボネート樹脂の場合、厚みが5mm程度のものが多く使用される。

#### 【0072】

充填材13としては、透光性、耐熱性、電気絶縁性を有する素材が好適に用いられ、酢酸ビニル含有量20～40%のエチレンビニルアセテート共重合体(EVA)のほか、ポリビニルブチラール(PVB)などを主成分とする、厚さ0.4～1mm程度のシート状形態のものが用いられる。充填材13は、太陽電池モジュール17の作製に当たっては、太陽電池素子の表側と裏側の双方に配されることが多く、これらは減圧下でのラミネート工程において、熱架橋融着して他の部材と一体化する。

#### 【0073】

裏面保護材14は、水分を透過しないようにアルミ箔を挟持した耐候性を有するフッ素系樹脂シートやアルミナまたはシリカを蒸着したポリエチレンテレフタレート(PET)シートなどが用いられる。

#### 【0074】

タブ11は、既に述べたとおり、例えば、銅箔を主体としその表面に半田がコートされた導電性の材質からなる。これを所定の長さに切断し、太陽電池素子10の出力取出電極であるバスバー電極1および裏側の裏面出力電極9に半田付けして用いる。

#### 【0075】

実際にタブ11を配線するには、まず、タブ11の一端を太陽電池素子10のバスバー電極1にホットエアーやホットプレートなどにより半田付けで接着する。続いて、このタブ11の他端をモジュールにしたときに隣接する太陽電池素子10の裏側の裏面出力電極9に同様にして半田付け接着する。なお、並列接続の場合は隣接する太陽電池素子10のバスバー電極1同士を接着すればよい。これを繰り返して複数の太陽電池素子10を接続した太陽電池素子群を作製する。

#### 【0076】

なお、太陽電池素子群の中に、本発明の太陽電池素子10が少なくとも1つ含まれていれば効果を奏するが、発明の効果を良好に奏するためには、太陽電池素子群を構成する太陽電池素子全てが本発明の太陽電池素子10であることがより望ましい。

#### 【0077】

出力配線15は、タブ11によって接続された太陽電池素子10の群からの電気出力を端子ボックス16のターミナルに伝えるもので、通常厚さ0.1mm～0.5mm程度、幅6mm程度の銅箔の表面全体に20～70μm程度の半田を被覆したものを、所定の長さに切断し、太陽電池素子10の電極に半田付けされている。

#### 【0078】

ここで、上述のような透光性パネル12、表側の充填材13、複数の太陽電池素子10にタブ11や出力配線15が接続された太陽電池素子群、裏側の充填材13、裏面保護材14の積層体を接着一体化する。すなわち、各部材の積層体をラミネータと呼ばれる減圧状態で加熱しながら加圧する装置にセットした後、太陽電池モジュール17の内部の空気を除去するために50～150Pa程度に減圧し、100～200℃の温度で15分～1時間加熱しながら加圧する。これによって、表側と裏側にそれぞれ配された充填材13が軟化し架橋融着するため、各部材を接着し一体化し、太陽電池モジュール17のパネル部を作製することができる。

#### 【0079】

さらに、上述の方法によって作製された太陽電池モジュール17のパネル部の裏面に端子ボックス16を接着剤により取り付ける。端子ボックス16は、太陽電池素子10からの出力配線15と外部回路に接続するためのケーブル(不図示)の接続を行うものであり、変性PPE樹脂などで紫外線などに対する耐光性を考慮して通常黒色に造られる。また端子ボックス16の概略の大きさは、出力約160W程度の一般的な太陽電池モジュール

では $100 \times 60 \times 20$  mm程度のものが多い。

#### 【0080】

また、通常、太陽電池モジュール17のパネル部の各辺部に対してモジュール枠（不図示）が設けられることが多い。モジュール枠は、アルミニウムの押し出し成形で造られることが多く、その表面にはアルマイト処理などが施される。そしてこのモジュール枠を太陽電池のパネル部の外周各辺に嵌め込み、各コーナー部をビスなどにより固定する。このようなモジュール枠を設けることによって、機械的強度や耐候性能を付与し、さらに、太陽電池モジュールを設置する場合などに取り扱いやすくすることができる。

#### 【0081】

以上によって、本発明の太陽電池モジュールが実現される。

#### 【0082】

なお、本発明の実施形態は上述の例にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることはもちろんである。

#### 【0083】

上述の説明では、表側電極と裏側電極の2つを備えた太陽電池素子について説明を行ったがこれに限るものではなく、受光面側（表側）に全ての電極が設けられたタイプの太陽電池素子であっても構わない。

#### 【0084】

また、表側電極として、略直線状のバスバー電極とこれに一端が接続された複数のフィンガー電極を備えた例によって説明したが、これに限るものではない。

#### 【0085】

また、上述の説明では、p型の多結晶シリコンの基板を用いた太陽電池素子について説明したが、n型の多結晶シリコン基板を用いた場合にも、説明中の極性を逆にすれば同様のプロセスによって本発明の効果を得ることができる。

#### 【0086】

そして上述の説明では、シングル接合の場合について説明したが、半導体多層膜からなる薄膜接合層をバルク基板使用接合素子に積層して形成した多接合型であっても、本発明を適用することができる。

#### 【0087】

さらに上述の説明では、キャスティング法を用いた多結晶シリコン基板を例にとったが、基板はキャスティング法によるものに限る必要はない。

#### 【0088】

また、 $1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10$  の式を満たすために、反応性イオンエッチングによって多結晶シリコン基板表面を粗面状にする方法を例にとり説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばレーザーやダイシングなどによって、電極形成予定領域にあらかじめ溝を形成し、その溝に電極材料を埋め込むようにして形成することも可能である。またこの溝の形状や数も限定されるものではなく、線状、点状またはこれらの組み合わせなどの構造にすることが可能である。

#### 【0089】

さらに電極形成位置にあらかじめ凸部を形成することによって、本発明に係る構成である $1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10$  の式を満たすようにも良い。この凸部は電極形成予定位ののみを残し、他の領域をエッチングすることによって形成することができる。この場合も凸部の形状や数は限定されるものではなく、線状、点状またはこれらの組み合わせなどの構造にすることが可能である。またこの方法は電極下の拡散層の表面濃度を高く、深くし、他の領域の拡散層の表面濃度を下げ、浅くするいわゆる選択エミッターに適用することが可能である。

#### 【0090】

さらに上述のように電極下に溝や凸部を形成した上で、反応性イオンエッチングを行うことで $1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10$  の式を満たすことも可能であることは言うまでもない。

## 【実施例】

### 【0091】

以下、上述の実施形態に沿って作製した太陽電池素子の実験結果について説明する。ただし、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

### 【0092】

基板としては、キャスト法で製造された $150\text{ mm} \times 150\text{ mm}$  サイズの平板状の p 型多結晶シリコン基板を用い、図 2 (a) に示した構成で太陽電池素子を形成した。

### 【0093】

本発明の太陽電池素子に係る表側電極は、銀を主成分としたペーストを用いて印刷焼成した。表側電極の全体パターンは、基板縦中心線に対して線対称に 2 本配置されたバスバー電極 1 の長さを $148.8\text{ mm}$ 、バスバー電極 1 の幅を $2\text{ mm}$ 、二つのバスバー電極 1 の中心線間距離を $75\text{ mm}$ 、バスバー電極 1 に対して垂直（基板横方向）に配置され基板縦中心線に対して線対称に配置されたフィンガー電極 2 の基板一端から他端までの長さ（途中で横切るバスバー電極 1 の幅を含むとしたとき）を $149\text{ mm}$ 、フィンガー電極 2 の幅を $160\text{ }\mu\text{m}$ 、隣接するフィンガー電極 2 の中心線間の平均距離を $2.4\text{ mm}$ とした。この太陽電池素子について各種特性を測定した結果を表 1 に示す。

### 【0094】

また基板縦中心線に 1 本、それに対して線対称に 2 本の計 3 本配置されたバスバー電極 1 の長さを $148.8\text{ mm}$ 、バスバー電極 1 の幅を $1.3\text{ mm}$ 、二つのバスバー電極 1 の中心線間距離を $50\text{ mm}$ 、バスバー電極 1 に対して垂直（基板横方向）に配置され基板縦中心線に対して線対称に配置されたフィンガー電極 2 の基板一端から他端までの長さ（途中で横切るバスバー電極 1 の幅を含むとしたとき）を $149\text{ mm}$ 、フィンガー電極 2 の幅を $80\text{ }\mu\text{m}$ 、隣接するフィンガー電極 2 の中心線間の平均距離を $2.4\text{ mm}$ とした。なお、フィンガー電極 2 の平均の幅は、バスバー電極 1 に接続した一端から他端までの長さを 10 等分して、各々の分割位置（9 ポイント）における幅を求め、単純平均によって値を求めた。この太陽電池素子について各種特性を測定した結果を表 2 に示す。

### 【0095】

$S_b$  の値は反応性イオンエッチングにより電極形成位置の下部にあたる部分を粗面状にすることによって変化させた。このときに  $C_{l2}$  を $0.1\text{ s l m}$ 、 $O_2$  を $0.6\text{ s l m}$ 、 $SF_6$  を $0.4\text{ s l m}$  流し、RF パワーは $5\text{ k w}$  とした。また  $S_b$  の値を変化させるため、反応圧力を適宜変化させた。

### 【0096】

また  $S_b$  の値は太陽電池素子の出力特性測定後、王水に浸漬されることによって、表側電極を除去し、この電極が設けられていた部位について表面積の測定を行った。表面積の測定には、AFM（原子間力顕微鏡、Digital Instruments 社製・Nanoscope III a）を使用し、先端径 $5\text{ nm}$  のカンチレバーを用いて、 $1\text{ }\mu\text{m}$  角を $0.2\text{ Hz}$  で $512 \times 1024$  ポイントの測定を行った。また測定位置はフィンガー電極 2 の幅測定と同じ 9 ポイントを行い、単純平均によって値を求めた。

### 【0097】

$S_b/S_a$  の値については、小数点以下 3 衔目で四捨五入し、本発明の範囲となるかどうかの比較を行った。

### 【0098】

なお、上述のフィンガー電極の幅、表側電極の表面積を求めるに当たっては、各測定値はいずれも棄却検定として有意水準 $0.05$  で t 検定を行い、妥当性を確認済である。

### 【0099】

また、太陽電池の特性として、JIS C 8913 (1998) で規定される短絡電流値 ( $I_{sc}$ ) と曲線因子 ( $FF$ ) については、この規格に基づいて測定を行った。

### 【0100】

さらに、参考比較として、従来条件により作製した太陽電池素子について、測定を行った結果を試料 No. 12 として記載しておく。この方法は、反応性イオンエッチングを用

いているが、 $Sb/Sa$  値が本発明の範囲となるような条件を見出す以前の条件によって形成したものである。

【表 1】

No.	受光面面積 (cm <sup>2</sup> )	Sa (cm <sup>2</sup> )	Sb (cm <sup>2</sup> )	Sb/Sa	Isc (mA)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	FF	$\eta$ (%)
* 1	225	20.6	20.6	1.00	7951	35.34	0.73	15.61
* 2	225	20.6	21.6	1.05	7949	35.33	0.731	15.62
3	225	20.6	22.6	1.10	7946	35.32	0.748	16.01
4	225	20.6	24.7	1.20	7952	35.34	0.753	16.15
5	225	20.6	28.8	1.40	7963	35.39	0.756	16.19
6	225	20.6	32.9	1.60	7945	35.31	0.757	16.20
7	225	20.6	37.0	1.80	7968	35.41	0.759	16.26
8	225	20.6	39.1	1.90	7953	35.35	0.757	16.19
9	225	20.6	41.1	2.00	7944	35.31	0.747	16.01
10	225	20.6	43.2	2.10	7952	35.34	0.752	16.08
* 11	225	20.6	45.2	2.20	7942	35.30	0.732	15.63
* 12	225	20.6	22.0	1.07	7950	35.33	0.732	15.61

\*は本発明の範囲外の試料である。

【0 1 0 1】

【表 2】

No.	受光面面積 (cm <sup>2</sup> )	Sa (cm <sup>2</sup> )	Sb (cm <sup>2</sup> )	Sb/Sa	Isc (mA)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	FF	$\eta$ (%)
* 1	225	13.1	13.1	1.00	8267	36.74	0.738	16.81
* 2	225	13.1	13.8	1.05	8272	36.76	0.743	16.80
3	225	13.1	14.4	1.10	8281	36.80	0.751	17.19
4	225	13.1	15.7	1.20	8241	36.63	0.753	17.10
5	225	13.1	18.4	1.40	8255	36.69	0.756	17.20
6	225	13.1	21.0	1.60	8298	36.88	0.757	17.31
7	225	13.1	23.6	1.80	8278	36.79	0.759	17.31
8	225	13.1	24.9	1.90	8264	36.73	0.757	17.24
9	225	13.1	26.2	2.00	8271	36.76	0.754	17.18
10	225	13.1	27.5	2.10	8259	36.71	0.752	17.11
* 11	225	13.1	28.9	2.20	8258	36.70	0.74	16.76
* 12	225	13.1	13.9	1.06	8270	36.76	0.741	16.79

\*は本発明の範囲外の試料である。

【0 1 0 2】

表1からわかるように、 $1.10 \leq Sb/Sa \leq 2.10$  の範囲、すなわち試料No. 3～10は短絡電流 $35.3\text{ mA/cm}^2$  以上であるとともに、FFも0.747を越える高い値を示している。これに対し、 $Sb/Sa$  が $1.10$  よりも小さい範囲である試料No. 1、2では短絡電流は同等の値を示すものの、FFが0.731以下と低下した。また $Sb/Sa$  が $2.10$  を越える試料No. 11の場合もFFが0.732と低下した。これにより、 $1.10 \leq Sb/Sa \leq 2.10$  では変換効率が16%を越える高い値の太陽電池素子を得ることができた。

【0 1 0 3】

また、表2に示す1.3mm幅のバスバーを3本設けた太陽電池素子においても、1.

$1.0 \leq S_a / S_b \leq 2.10$  の範囲、すなわち試料No. 3～10は、短絡電流密度が $36.6 \text{ mA/cm}^2$  を越える高い値を示すとともに、FFもすべて $0.75$  を越える高い値となった。これにより $1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10$  の範囲では変換効率が $17\%$  を越える高い値の太陽電池素子を得ることができた。

#### 【0104】

なお、表1、表2のいずれの場合も、従来条件により作製した試料No. 12の太陽電池素子は、本発明の太陽電池素子と比べてFFが低くなる傾向が見られた。

#### 【0105】

以上のようにして作製した本発明の太陽電池素子を用いて、図3に示す太陽電池モジュールを作製したところ、良好な結果が得られた。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0106】

【図1】(a)は本発明の太陽電池素子の受光面側(表面側)の電極形状の一例を示す図であり、図2(b)のA部の部分拡大図である。(b)は(a)のB-B方向の断面で切ったときの部分拡大図である。

【図2】(a)は本発明の太陽電池素子の断面構造を示す図であり、(b)は本発明の太陽電池素子の受光面側(表面側)の電極形状の一例を示す図であり、(c)は非受光面側(裏面側)の電極形状の一例を示す図である。

【図3】(a)は本発明の太陽電池モジュールの断面構造を示す図であり、(b)は、太陽電池モジュール内の太陽電池素子の接続状態を示す部分拡大図である。

【図4】バルク型シリコン太陽電池の一般的な構成を示し、(a)は断面構造図であり、(b)は光入射面(表面)側からの表側電極の上視図であり、(c)は(b)のC部の部分拡大図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0107】

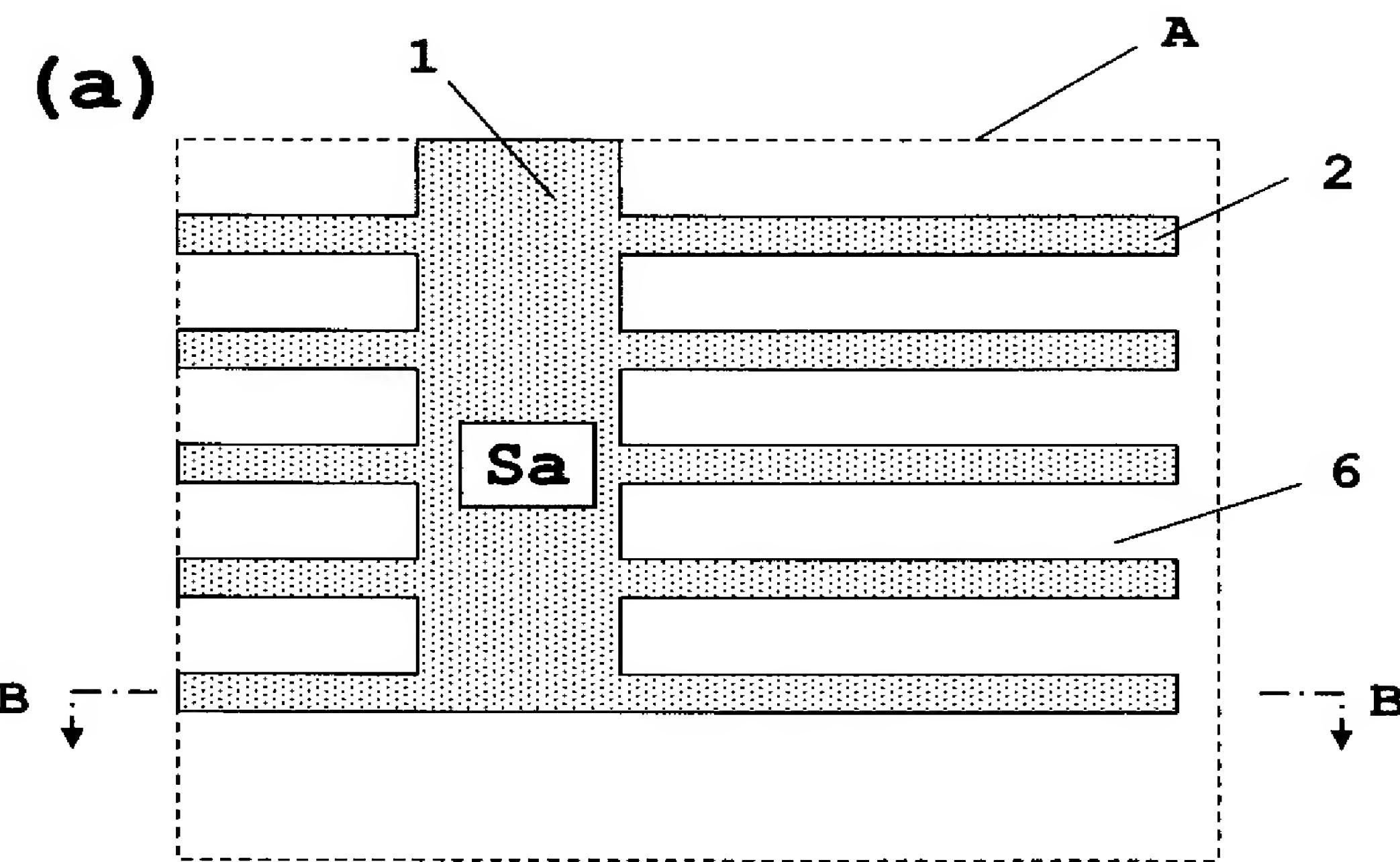
- 1 … バスバー電極
- 2 … フィンガー電極
- 3 … 半導体領域
- 4 … 逆導電型領域
- 5 … p型バルク領域
- 6 … 反射防止膜
- 7 … p+型領域
- 8 … 裏面集電極
- 9 … 裏面出力電極
- 10 … 太陽電池素子
- 11 … タブ
- 12 … 透光性パネル
- 13 … 充填材
- 14 … 裏面保護材
- 15 … 出力配線
- 16 … 端子ボックス
- 17 … 太陽電池モジュール
- 101 … バスバー電極
- 102 … フィンガー電極
- 103 … 半導体領域
- 104 … 逆導電型領域
- 105 … p型バルク領域
- 106 … 反射防止膜
- 107 … p+型領域
- 108 … 裏面集電極

1 0 9 . . . 裏面出力電極

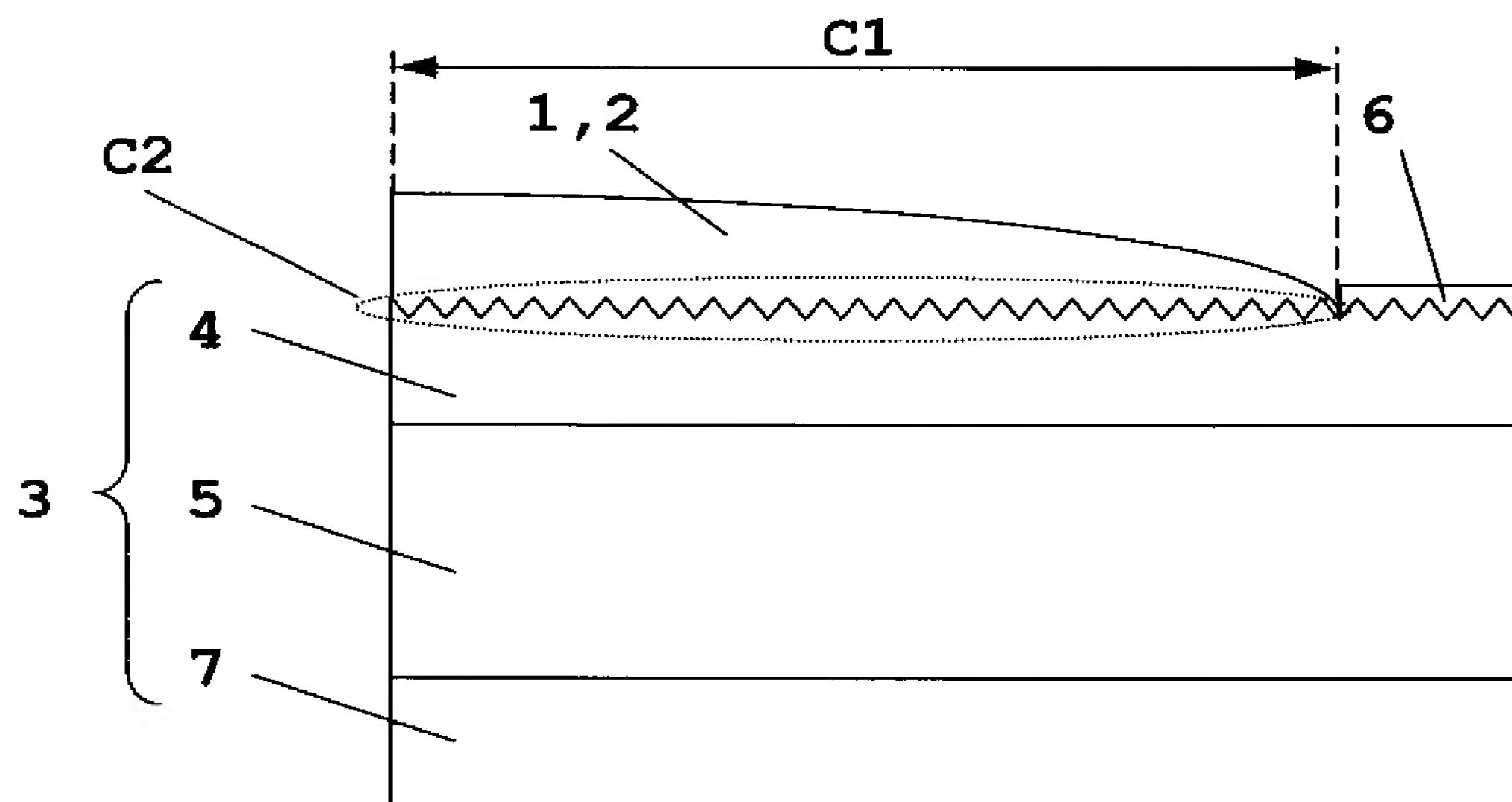
1 1 0 . . . バルク型シリコン太陽電池

【書類名】 図面

【図 1】

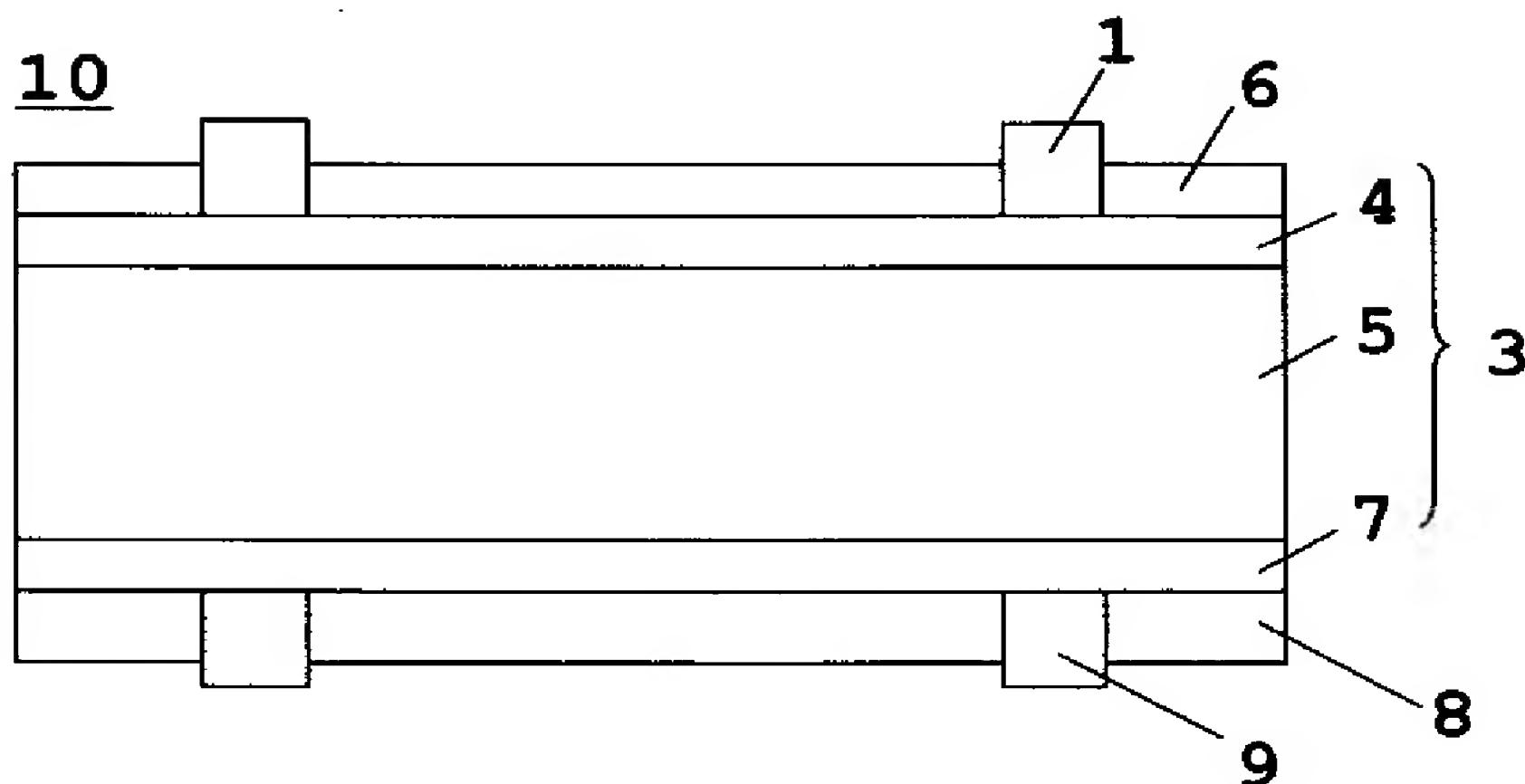


(b)

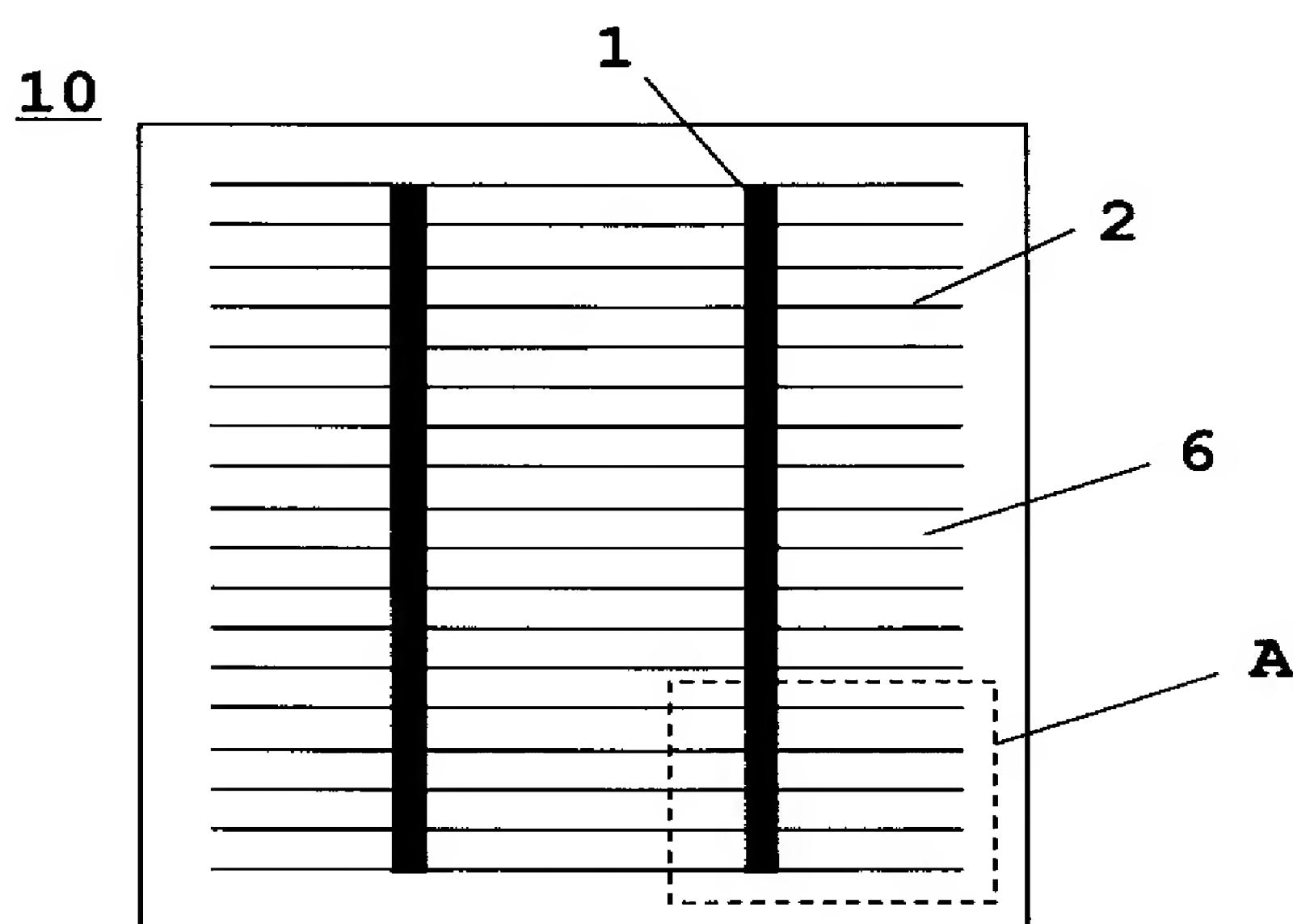


【図 2】

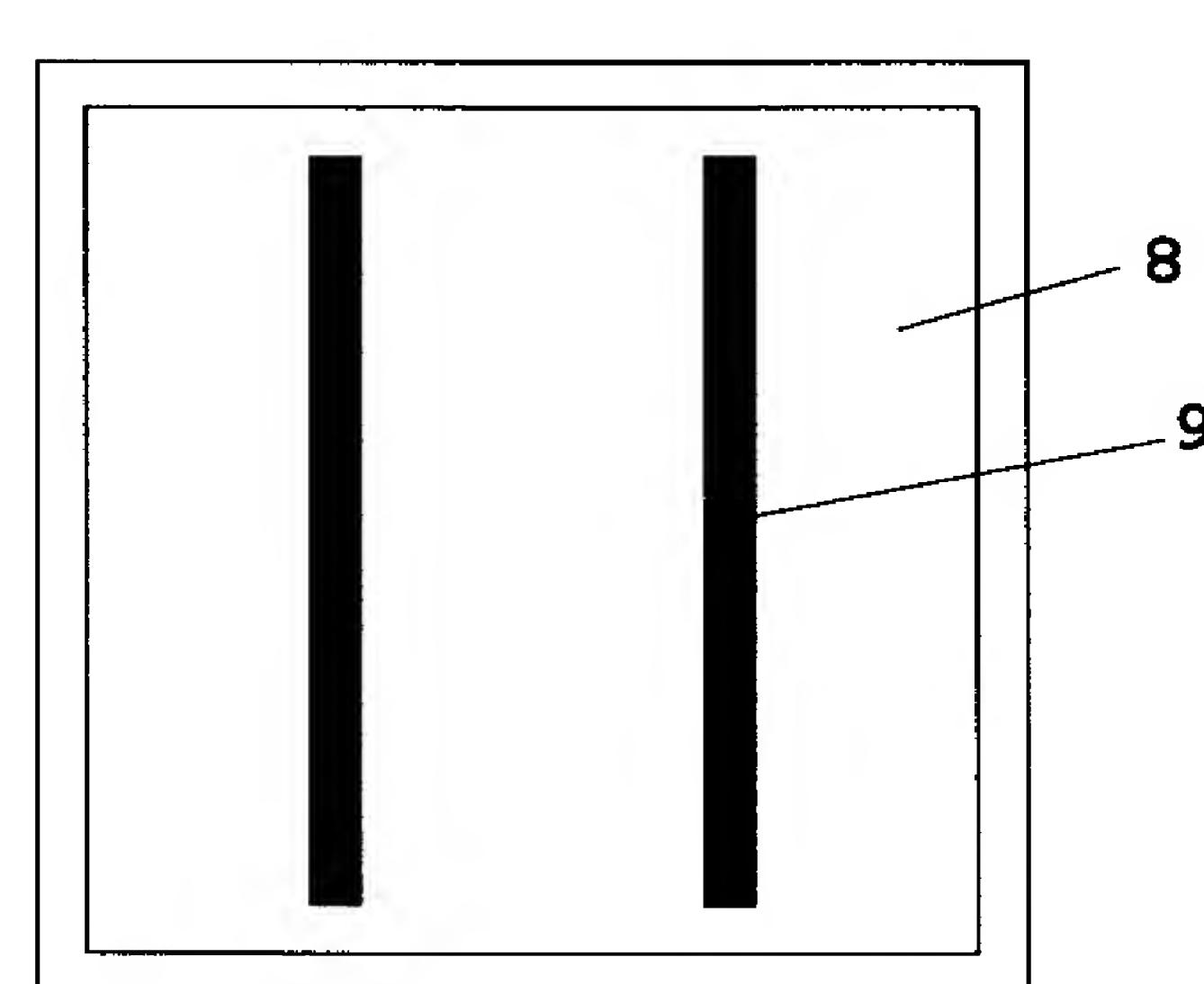
(a)



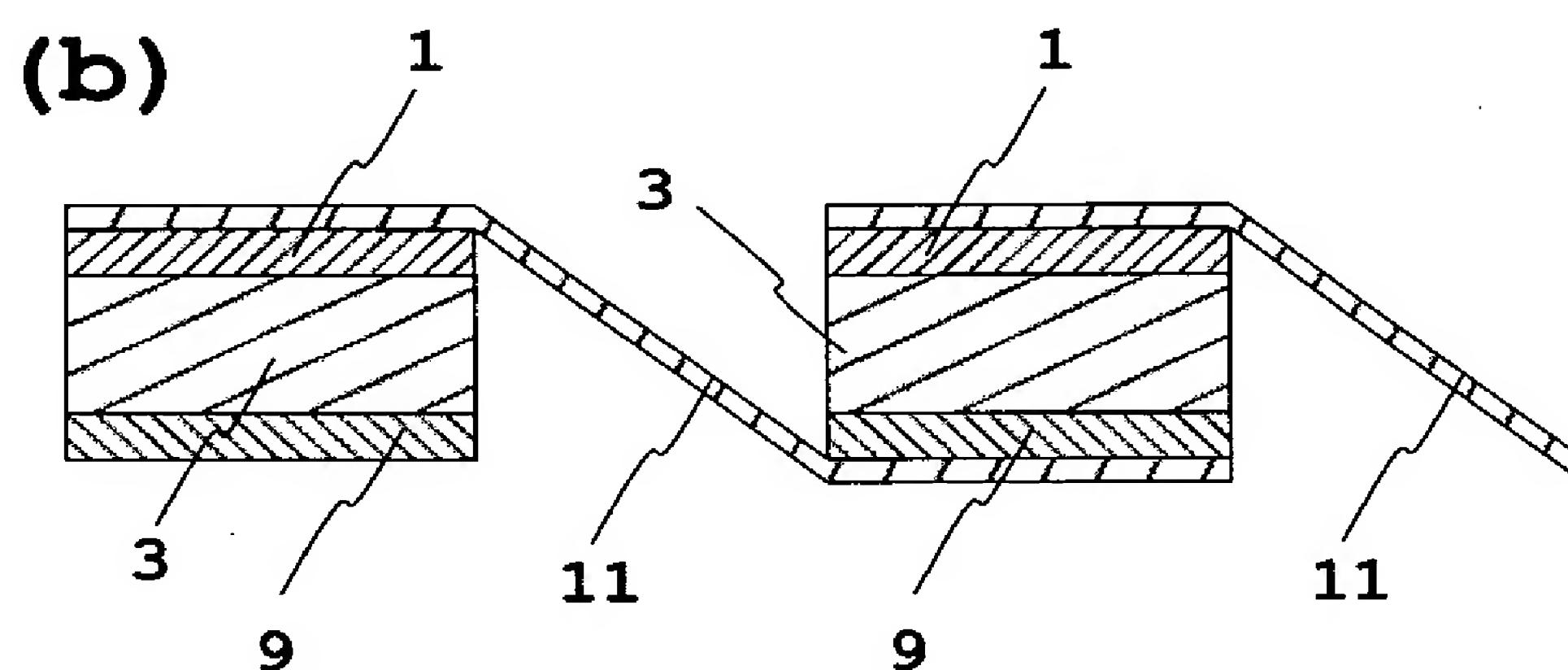
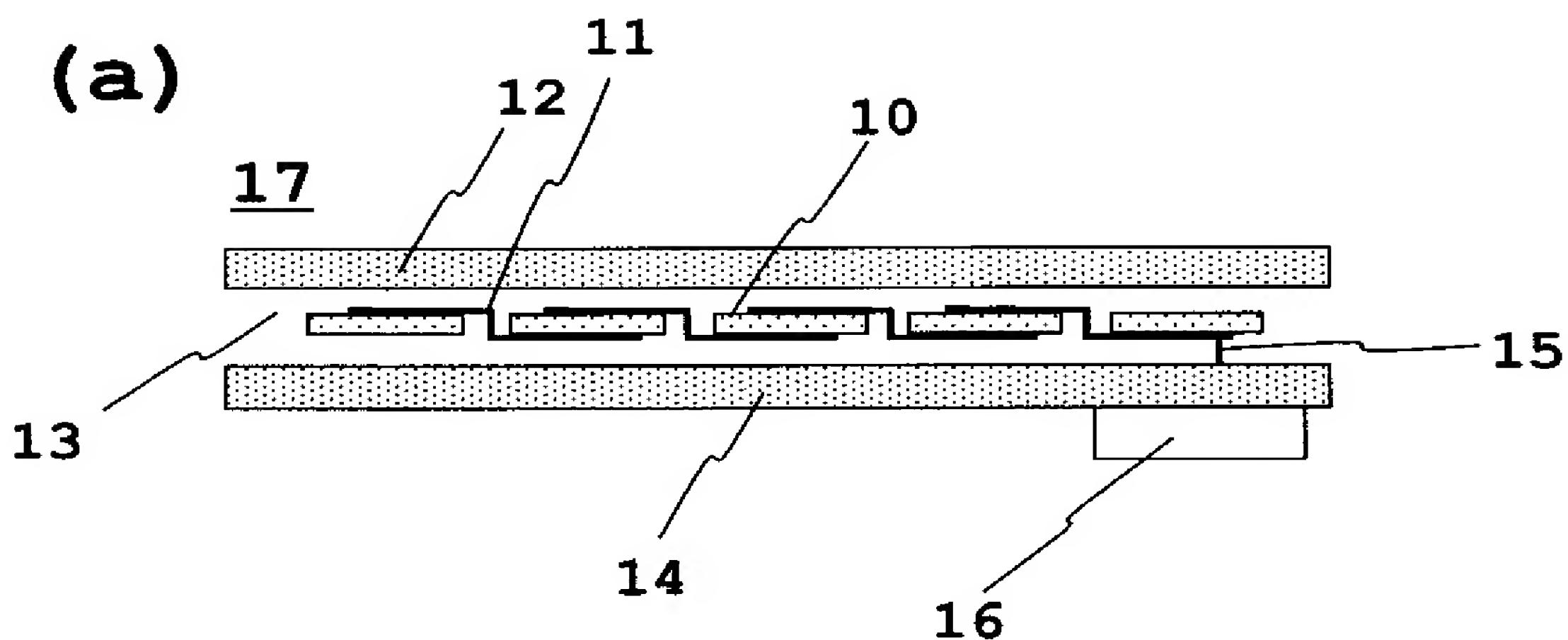
(b)



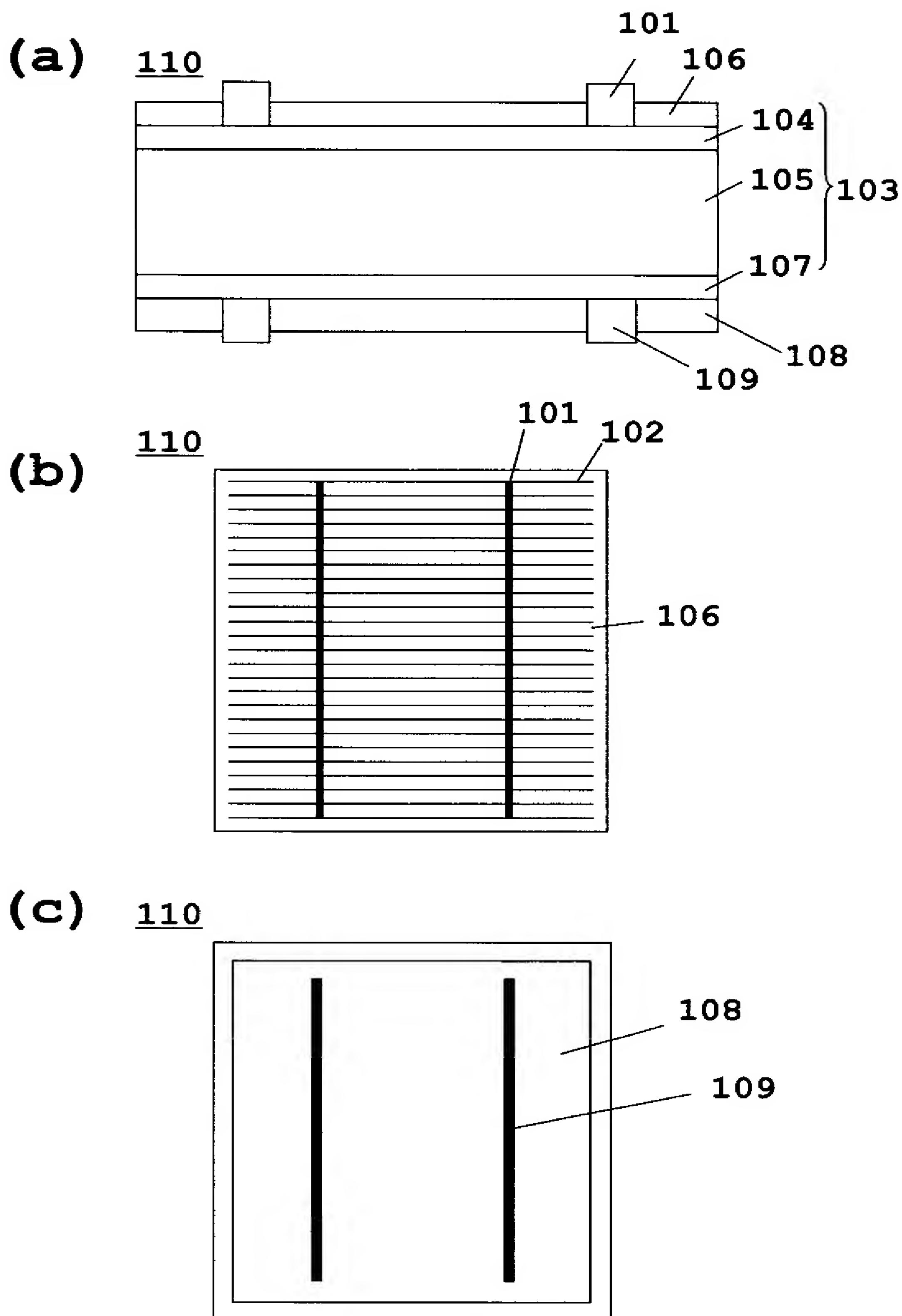
(c)



【図3】



【図4】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】表側電極による光学的なロスを減少させるとともに、短絡電流密度と曲線因子とを適正なバランスを保って向上させ、良好な変換効率を得ることができる太陽電池素子を提供する。

【解決手段】多結晶シリコンの半導体基板の受光面側に表側電極を有する太陽電池素子であって、前記表側電極を受光面側の鉛直方向から平面視したときの面積を $S_a$  ( $\text{cm}^2$ )、前記太陽電池素子の受光面のうち、前記表側電極が設けられた領域の表面積を $S_b$  ( $\text{cm}^2$ )としたときに、 $1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10$  の関係を満たすようにした。

【選択図】図 1

出願人履歴

0 0 0 0 0 6 6 3 3

19980821

住所変更

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地  
京セラ株式会社